



LASER TREATING METHOD FOR SEMICONDUCTOR DEVICE

Patent number: JP8148428
Publication date: 1996-06-07
Inventor: KOUZAI TAKAMASA; CHIYOU KOUYUU; MIYANAGA SHOJI
Applicant: SEMICONDUCTOR ENERGY LAB; SHARP KK
Classification:
- international: H01L21/20; H01L21/02; (IPC1-7): H01L21/20; H01L21/268; H01L21/324
- european: H01L21/20D2
Application number: JP19940309826 19941118
Priority number(s): JP19940309826 19941118

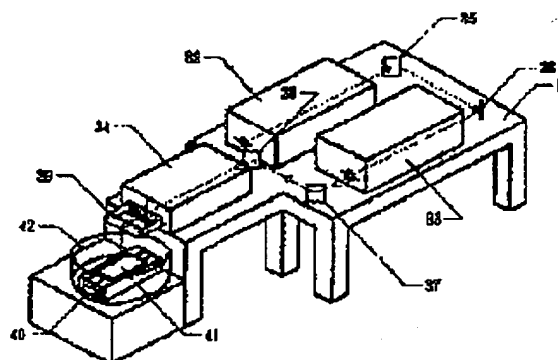
Also published as:

 US5795795 (A1)
 CN1143369C (I

Report a data error he

Abstract of JP8148428

PURPOSE: To suppress the ridge of the surface of a semiconductor film by irradiating with a laser beam in vacuum of a specific value or less, and then irradiating with a laser beam of the energy density of a specific value. **CONSTITUTION:** A substrate is set on a driver 40 in a chamber 42, and the chamber 42 is set to a vacuum state of 100Pa or less. The substrate is heated, and irradiated by first laser beam in this state. Thereafter, it is irradiated with second laser beam. The laser uses the same KrF excimer laser as the first time, and the energy density is set to 1.3 times as large as the first laser, and the other conditions are the same.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(10) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-148428

(43) 公開日 平成8年(1996)6月7日

(51) Int. Cl. ⁶

識別記号

F:

HD:L 21/20

21/268

7

21/324

7

審査請求 未請求 請求項の数5 F D (全9頁)

(21) 出願番号 特願平6-309826

(71) 出願人 000153878

株式会社半導体エネルギー研究所

神奈川県厚木市長谷398番地

(22) 出願日 平成6年(1994)11月18日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 香西 孝貞

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 張 宏男

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内

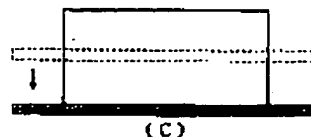
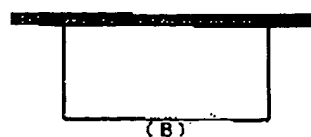
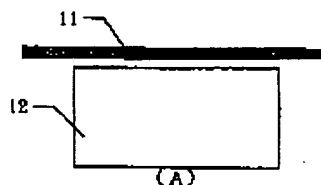
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 半導体デバイスのレーザー処理方法

(57) 【要約】

【目的】 非晶質もしくは多結晶半導体のレーザー結晶化工程においてリッジの発生を抑制する半導体デバイスの作製方法を提供する。

【構成】 レーザー結晶化工程を2度に分けておこなう。まず、最初はやや強度の弱いレーザー光を用いて、真空中においてレーザー照射をおこなう。次に、初めのレーザー光より強度を強くして、真空中、大気あるいは酸素雰囲気中においてレーザー照射をおこなう。最初の、真空中のレーザー照射では結晶化は不十分であるが、この照射により、リッジの発生を抑制することができ、次に、真空中、大気あるいは酸素雰囲気中でのレーザー照射によって十分な結晶化をおこなってもリッジは発生しない。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 100Pa以下の真空中においてレーザー光を照射する第1の工程と、

第1の工程の後に、第1の工程のレーザー光のエネルギー密度の1.3倍以上のエネルギー密度のレーザー光を照射する第2の工程と、を有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項2】 100Pa以下の真空中においてレーザー光を照射する第1の工程と、

第1の工程の後に、酸素雰囲気中においてレーザー光を照射する第2の工程と、

を有することを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項3】 請求項2において、

第2の工程におけるレーザー光のエネルギー密度が第1の工程におけるレーザー光のエネルギー密度の1.3倍以上であることを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項4】 請求項1および請求項2において、

第1の工程におけるレーザー光の照射する方向が、第2の工程におけるレーザー光の照射する方向に対して、概略、直交していることを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【請求項5】 請求項1および請求項2において、

第1の工程をおこなうチャンパーは、第2の工程をおこなうチャンパーと異なることを特徴とする半導体デバイスのレーザー処理方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、半導体デバイスの作製工程におけるレーザー光照射処理（いわゆる、レーザーアニール法）に関する。特に、本発明は、1部もしくは全部が非晶質成分からなる半導体材料、あるいは、実質的に良質な多結晶の半導体材料に対してレーザー光を照射することによって、該半導体材料の結晶性を向上せしめる方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 近年、半導体素子プロセスの低温化に関して盛んに研究が進められている。その大きな理由は、ガラス等の絶縁基板上に半導体素子を形成する必要が生じたからである。その他にも素子の微小化や素子の多層化に伴う要請もある。

【0003】 半導体プロセスにおいては、半導体材料に含まれる非晶質成分もしくは非晶質半導体材料を結晶化させることや、もともと結晶性であったものの、イオンを照射したために結晶性が低下した半導体材料の結晶性を回復することや、結晶性であるのだが、より結晶性を向上させることが必要とされることがある。このような目的のために、レーザー光照射技術（レーザーアニール技術とも言う）が提案されている。レーザー光の照射に

関しては、大きく分けて2つの方法が提案されている。

【0004】 第1の方法はアルゴンイオン・レーザー等の連続発振レーザーを用いたものであり、スポット状のビームを半導体材料に照射する方法である。これはビーム内部でのエネルギー分布の差、およびビームの移動によって、半導体材料が溶融した後、緩やかに凝固することによって半導体材料を結晶化させる方法である。この方法の問題点は、結晶成長に適した速度でスポット状のレーザー光を走査するために、処理能力が低いことである。

【0005】 第2の方法はエキシマーレーザーのごときパルス発振レーザーを用いて、大面積、大エネルギーのレーザーパルスを半導体材料に照射し、半導体材料を瞬間的に溶融させ、凝固させることによって半導体材料を結晶化させる方法である。この方法ではレーザーのビームスポットが大きいこともあり、処理能力に優れ、スループットが高いという特色を有する。この方法に用いられるエキシマーレーザーは、KrFエキシマーレーザー（波長248nm）、XeClエキシマーレーザー（波長308nm）、XeFエキシマーレーザー（波長353nm）、ArFエキシマーレーザー（波長193nm）等である。これらのレーザーはパルスのエネルギーが大きく、かつ、投入電力からレーザー光に変換される効率が低い。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、パルスレーザー光による溶融凝固過程は、レーザービームスポットのいたるところで発生するため、結晶成長の方向性がなく、結晶粒界がランダムに発生し、結晶間の歪みが膜の不規則な隆起をもたらす。この隆起はリッジと呼ばれ、凹凸は膜厚の0.5～2倍にも及び、パルスレーザーによるレーザー光照射の工程においては避けられない現象であった。この点、連続発振レーザーでは、溶融凝固の過程で歪み緩和のために十分な空間的、時間的な余裕があるため、リッジのようなランダムな膜の隆起は見られなかった。

【0007】 リッジの程度は半導体膜の結晶状態にも大きく依存した。特に、固相成長法によって結晶化させた半導体材料に対してレーザー光照射をおこなった場合には、非晶質材料に対してレーザー光照射をおこなった場合に比較してリッジが激しくなる傾向にあった。これは、リッジの高さ（凹凸の程度）が結晶の大きさに依存することと関係する。すなわち、固相成長法によって、既にある程度の大きさの結晶が得られている膜にさらにレーザー光照射をおこなうと、より大きな結晶が生じるためである。

【0008】 一方、非晶質状態の膜にレーザー光照射をおこなった場合に得られる結晶の大きさはより小さく、したがって、リッジの凹凸も小さい。なお、ニッケル等の非晶質珪素の結晶化を促進する元素を添加して結晶化

3

させた多結晶珪素膜にレーザー光を照射すると、さらに大きな結晶が得られるため、リッジも極めて凹凸の激しいものとなった。特に、TFT等の絶縁ゲイト型素子のゲイト電極の下で半導体膜の表面にこのようなリッジが現れると、リッジの突起部分に電界が集中し、また、リッジ部分のゲイト絶縁膜が薄くなり、リーク電流が発生し、また、絶縁破壊を起こしやすくなり、薄膜トランジスタの特性、信頼性が低下する。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明は、この問題を解決する目的で成されたものである。本発明においては、レーザー結晶化工程を2度に分けておこない、しかも、最初のレーザー光照射のエネルギー密度は後のレーザー光照射のエネルギー密度よりも低くすること、および、最初のレーザー光照射は100Pa以下の真空中、好ましくは1Pa以下の真空中でおこなうことによって、リッジの発生を抑制する。2回目のレーザー照射は真空中でも大気中でもよい。

【0010】本発明においては、真空中でレーザー光照射をおこなうことを特徴とし、この工程を有することにより、リッジを抑制できることが分かっている。そのメカニズムについては明らかではない。1回目および2回目のレーザー光のエネルギー密度は、結晶化をおこなう半導体材料と、使用するレーザー光によって異なるが、2回目のレーザー光のエネルギー密度は1回目のものの1.3倍以上であることが好ましく、1.5倍以上であるとさらに好ましい。

【0011】例えば、非晶質珪素膜において、KrFエキシマレーザー光（波長248nm）を用いた場合には、1回目のレーザー光照射のエネルギー密度は150〜250mJ/cm²、また、2回目のレーザー光照射のエネルギー密度は250〜400mJ/cm²が好ましい。KrFエキシマレーザー以外に、XeClエキシマレーザー（波長308nm）でも、ほぼ同じ範囲のエネルギー密度の照射をおこなうことによって同様な結果が得られた。また、1回目および2回目のレーザー光照射の際の基板温度としては、室温〜550℃、特に150〜550℃が好ましい。特に基板温度が高いほど、結晶の欠陥が緩和される傾向がある。

【0012】2回目のレーザー光照射は、真空中でも、大気中および酸素雰囲気中においておこなってもよい。製造性を考えれば、1回目および2回目とも同じチャンバーにおいて真空中においておこなうことが好ましい。特に真空チャンバー内においては基板加熱が容易におこなえる。ある程度の圧力の雰囲気においては基板加熱をおこなう際にはガスの対流の影響を考慮せねばならず、100Pa以上の雰囲気では350℃以上に基板を加熱する場合、チャンバー全体を加熱することと同じであり、装置が大掛かりなものとなる。

【0013】しかし、一方で、大気中もしくは酸素雰

4

気中でおこなった場合にもメリットがある。この場合には、結晶粒界に多く存在する不対称結合手が酸素によってターミネートされるので、高い電界によっても特性が向上して劣化しにくい半導体材料が得られる。このような半導体材料は絶縁ゲイト型素子、例えば、薄膜トランジスタに利用した場合には、特性および信頼性の向上に寄与する。

【0014】なお、2回目のレーザー照射を大気中あるいは酸素雰囲気中でおこなう場合には、同じチャンバーを用いると、1回目のレーザー照射後のガスの導入によって、基板温度の変動が生じ、基板温度が設定された値に戻るまで待機せねばならず、この面の生産性を改善する必要がある。この点については図4（A）に示すマルチチャンバーを備えたレーザーアニール装置を用いることによって解決することができる。

【0015】図4（A）に示すマルチチャンバーは、真空専用のチャンバーとO₂専用のチャンバーとを有している。搬入/搬出チャンバーよりセットされた基板は、このマルチチャンバー内において自動搬送装置によって移動させられる。まず、基板は予備室に移送され、ここで、真空排気された後、チャンバー1に移送される。そして、チャンバー1において1回目のレーザー照射がなされる。そして再び、予備室に移送される。予備室には適当な圧力の酸素が充填される。その後、チャンバー2に移送される。チャンバー2は、酸素雰囲気中に保たれている。そして、チャンバー2において2回目のレーザー照射がなされる。その後、基板は、予備室を経て搬入/搬出チャンバーに戻り、一連のレーザー照射が完了する。以上は1枚の基板の移動について述べたものであるが、予備室、チャンバー1および2に常に基板がセットされるようにしておくと、待機時間を節約し、生産性を上げることができる。

【0016】このように、一連の作業がチャンバー内部でおこなわれるため、排気作業は原則として予備室のみでおこなわれることとなる。また、このように2つのチャンバーを用いることにより、1回目と2回目のレーザー照射において、基板温度を異なるように設定することができる。例えば、1回目のレーザー照射は基板温度550℃、2回目のレーザー照射は基板温度200℃でおこなうということが可能である。1回目のレーザー照射は真空中であるので、基板を350℃以上の温度にまで上昇させることは容易にできる。もし、同一のチャンバーで1回目と2回目の温度を上記のように設定しようとするれば、基板の温度が安定するまでかなりの時間が必要であり、生産性が低下する。

【0017】レーザー光源については、2つの独立したレーザーと光学系（ガウス分布のレーザー光を長方形その他の必要とする分布に変換する装置）を利用してもよい。しかし、図4に示すように1つのレーザーから発振したレーザー光をビームスプリッターによって2分割

し、それぞれの光学系を通して、チャンバーに導入するという方式でもよい。この場合にはレーザー装置に対する設備投資を半分にすることができる。1回目のレーザー照射のエネルギーは2回目のものより小さいので、ビームの分割はそのことを考慮しておこない、すなわち、光学系1に導入されるレーザー光のエネルギーが光学系2に導入されるものより小さい。

【0018】本発明においては、レーザー光のビーム形状については、正方形でもよい。しかし、生産性を追求するのであれば、基板の一方よりも長い、線状のビームとするとよい。すなわち、正方形のビームであれば、基板を走査する場合に、上下および左右に2次元的に移動させる必要があるため、そのための機構が複雑となり、また、移動にも時間がかかる。また、通常はレーザー光源を移動させることは難しいため、基板を移動させる方式を採用するのであるが、正方形のビームを用いた場合には、図4(B)に示すように、基板の全面にレーザー照射をおこなうには基板の大きさのほぼ4倍の面積が必要であり、チャンバーの容積が大きくなる。

【0019】しかし、細長い線状のビームを用いると、基板の移動は1次元的な移動のみでよく、そのための機構も簡単である。さらに、基板全面にレーザー照射をおこなうには、図4(C)に示すように、基板の大きさのほぼ2倍の面積で十分であり、とりわけ、チャンバーの容積は図4(B)の半分であり、線状のビームを利用する場合、1回目と2回目のレーザー照射を同一方向からおこなった場合、一方向に島状のむらが生じやすくなるので、基板を概略1/4回転させて、すなわち、1回目のレーザー光と2回目のレーザー光が概略直交するようにレーザー照射することによって、膜質のむらが少ない良質の半導体材料が得られる。

【0020】本発明によって得られた結晶性を有する半導体材料は膜表面にリッジがないので、ゲート絶縁膜との界面状態が重要である薄膜トランジスタ(TFT)の活性層に対して有効である。また、ゲート絶縁膜が300~1300Å程度と薄いTFTに対しては、リッジがゲート絶縁膜と同程度となり、ゲイトリークによる歩留り低下や特性劣化が顕著であったが、本発明によってリッジを抑制することができ、これらの問題は大幅に解決される。

【0021】

【実施例】

【実施例1】図3には本実施例で使用したレーザーアニール装置の概念図を示す。レーザー光は発振器32で発振され、全反射ミラー35、36を経由して増幅器33で増幅され、さらに全反射ミラー37、38を経由して光学系34に導入される。それまでのレーザー光のビームは30×90mm²程度の長方形であるが、この光学系34によって長さ100~300mm、幅1~3mmの細長いビームに加工される。この光学系を経たレーザ

ー光のエネルギーは最大で3J/ショットであった。また、真空中あるいは酸素等のガス雰囲気中においてもレーザー照射をおこなえるように、試料のステージおよび駆動装置40はチャンバー42に設置されている。チャンバー42は外部からレーザー光を照射するため、レーザー光が吸収されないように全体、もしくは、レーザー光を取り入れる部分が石英で構成され、また、図には示されていないが、真空排気装置および酸素導入装置も接続されている。

【0022】このような細長いビームに加工されたビームを用いることによってレーザー処理能力は飛躍的に向上した。すなわち、短冊状のビームは光学系34を出た後、全反射ミラー39を経て、試料41に照射されるが、ビームの幅が試料の幅と同程度、もしくは、それよりも長いので、結局、試料は1つの方向にのみ移動させてゆけばよい。したがって、試料のステージおよび駆動装置40は構造が簡単で保守も容易である。また、試料をセットする際の位置合わせの操作(アライメント)も容易である。なお、これらの装置は防振台等の安定な架台31上に固定される必要がある。

【0023】なお、上記のようなレーザー装置は単独で構成されてもよいし、他の装置、例えば、プラズマCVD成膜装置、イオン注入装置(もしくはイオンドーピング装置)、熱アニール装置、その他の半導体製造装置と組み合わせたマルチチャンバーとしてもよい。本実施例では、ガラス等の絶縁基板上に薄膜トランジスタを形成する場合について説明する。一般に、低温プロセスによる薄膜トランジスタの作製プロセスの概略は以下のようであった。

- 【0024】[1] ガラス基板上への下地酸化珪素膜、非晶質珪素膜の形成、および/または、非晶質珪素膜上への結晶化促進剤(例えば、酢酸ニッケル等)等の塗布
- [2] 固相成長による非晶質珪素膜の結晶化
- [3] 結晶化した珪素膜に対するレーザー処理(結晶性の向上を目的とする)
- [4] 珪素膜のエッチングによる島状珪素領域の形成
- [5] ゲート絶縁膜(酸化珪素)の形成
- [6] ゲイト電極の形成
- [7] 不純物元素(燐、ホウ素等)の注入によるソース/ドレインの形成
- [8] 注入された不純物のレーザー照射による活性化
- [9] 周縁絶縁物の形成
- [10] ソース/ドレインへの電極の形成

【0025】本実施例および以下の実施例2、実施例3、実施例4においては上記工程において、多結晶珪素膜の結晶性をさらに高める目的でおこなわれる[3]のレーザー照射に関するものとする。図1には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例では、非晶質珪素膜を600℃の還元雰囲気中で24時間放置して結晶化させた多結晶珪素膜においておこなった。

【0026】図1(A)に示すように、レーザービーム11は、基板12(150mm×200mm)の一面を照射するに足る大きさで、例えば、幅1mm、長さ300mmの線状である。レーザーとしてはKrFエキシマーレーザー(波長248nm)を用いた。レーザーの繰り返し周波数は100Hz、レーザー光のエネルギー密度は200mJ/cm²となるようにした。(図1

(A))

まず、基板をチャンバー42内の駆動装置40上に設置し、チャンバー42を1Paまで排気し、また、基板を450℃まで加熱した。そして、この状態で1回目のレーザー照射をおこなった。図1(B)に示すように、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。

(図1(B))

【0027】そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度を10mm/sとした。レーザー光は1秒間に10mmずつ移動し、その間にレーザーは100ショットのパルスを照射するので、レーザービームは1ショットごとに0.1mmずつずれていくことになった。ビームの幅は1mmなので、1か所に付き10ショット程度のレーザー光が照射された。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。

(図1(C))

【0028】その後、引き続き2回目のレーザー照射をおこなった。2回目のレーザー照射においては、基板温度を200℃とした後、チャンバー42内に大気を導入し、大気中でおこなった。このときの工程の手順としては、図1(A)～(C)に示す1回目の工程と同様におこなった。図1(B)に示すように、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。このとき、基板温度は300℃とした。レーザーは1回目と同じく、KrFエキシマーレーザーを用い、エネルギー密度を300mJ/cm²とした他は1回目と同じ条件とした。

【0029】そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度を10mm/sとした。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。以上のような工程の結果、従来のように大気中のみでレーザー照射を施し、結晶化をおこなった珪素膜においては、約5×10⁴個/mm²程度のリッジが観測できたが、本実施例においてはほとんど観測することができなかった。また、2回目に大気中においてレーザー照射をおこなった結果、珪素膜中の不対結合が酸素で埋められたため、この珪素膜によって作製された半導体装置は良好な特性を示し、信頼性の高いものが得られた。

【0030】(実施例2) 本実施例は、実施例1と異なり、薄膜トランジスタの作製プロセスの1)の工程において、非晶質珪素膜の結晶化を促進するニッケルを導入して2)の工程において低温かつ短時間の固相成長を施

した結晶性珪素膜のレーザー光照射に関する。図1には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例では、図1(A)に示すように、レーザービーム11は、基板12(150mm×200mm)の一面を照射するに足る大きさで、例えば、幅2mm、長さ180mmの線状である。レーザーとしてはXeClエキシマーレーザー(波長308nm)を用いた。レーザーの発振周波数は100Hz、レーザー光のエネルギー密度は200mJ/cm²とした。(図1(A))

【0031】まず、一度目のレーザー光照射は、真空中においておこなった。実施例1と同様に図3のチャンバー42内の駆動装置40に基板を固定し、0.1Paまで真空排気した。また、基板温度を200℃に上昇させた。そして、図1(B)に示すように、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。(図1(B))

【0032】そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度を10mm/sとした。この結果、レーザービームは1ショットごとに0.1mmずつずれていくことになり、ビームの幅は2mmなので、1か所に付き20ショット程度のレーザー光が照射された。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。(図1(C))

その後、同じチャンバーにおいて2回目レーザー照射をおこなった。基板温度を200℃に保ち、チャンバー42に1気圧の酸素を導入した。

【0033】レーザーは1回目と同じく、XeClエキシマーレーザーを用い、エネルギー密度を300mJ/cm²とした他は1回目と同じ条件とし、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。(図1

(B))

そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度を10mm/sとした。この結果、1か所に付き20ショット程度のレーザー光が照射されることとなった。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。(図1(C))

【0034】以上のような2工程によって結晶性珪素膜が得られたが、従来、ニッケルを導入して固相成長を施した結晶性珪素膜をレーザー結晶化をおこなった場合、特にリッジの発生が多く、約1～5×10⁴個/mm²程度発生していた。しかし、本実施例においてはほとんど観測されなかった。また、大気中におけるレーザー照射の際に珪素膜中の不対結合が酸素で埋められたため、この珪素膜によって作製された半導体装置は良好な特性を示した。

【0035】(実施例3) 図2には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例は、実施例2と同様にニッケル添加固相成長のレーザー結晶化において、膜質のよりいっそうの均一化を図るために、1回目と2回目のレー

ザー照射において、基板を1/4回転させ、1回目のビームと2回目のビームが概略直交するようにしておいたものである。このようにしてレーザー光照射をおこなった結晶性珪素膜を用いて、Nチャネル型TFTを形成したものである。本実施例では、レーザービーム21は、基板22(100mm×200mm)の一边を照射するに足る大きさで、例えば、幅1mm、長さ250mmの線状である。レーザーとしてはXeFエキシマレーザー(波長353nm)を用いた。レーザーの繰り返し周波数は100Hz、レーザー光のエネルギー密度は150mJ/cm²となるようにした。(図2(A))

【0036】まず、基板を真空チャンバー内に設置し、チャンバーを1Paまで排気した。また、基板を550℃まで加熱した。そして、この状態で1回目のレーザー光照射をおこなった。図2(B)に示すように、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。(図2(B))

そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度は10mm/sとした。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。(図2(C))

【0037】その後、チャンバーに0.1気圧の酸素を導入し、また、基板温度を200℃に低下させた。さらに、基板を1/4回転させた。そして、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。(図2(D)) レーザーとしては、1回目と同じくXeFエキシマレーザーを用い、レーザー光のエネルギー密度を300mJ/cm²とした他は1回目と同じ条件とした。そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度を10mm/sとした。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。(図2(E))

【0038】以上のような2工程によって結晶性珪素膜が得られたが、1回目のレーザー照射を550℃の比較的高い温度でおこなったため、かつ、1回目と2回目のレーザー照射のビームが概略直交するように、基板を1/4回転させておこなったため、実施例2に比較して特にリッジの発生を抑制することができ、膜質のむらが少ない良質の結晶性珪素膜が得られた。以下、このようにして得られた結晶性珪素膜を用いてTFTを作製する工程について、図5を用いて説明する。図5(A)にはガラス基板および下地酸化珪素膜上に、上記のレーザー処理工程を経た結晶性珪素膜501が形成された様子が示されている。(図5(A))

【0039】次に、このように結晶化させた珪素膜501をエッチングして島状珪素膜502を形成した。この島状珪素膜502は後にTFTの活性層を形成する。さらに、この上にゲート絶縁膜503を形成した。ここで

は、プラズマCVD法によって厚さ500~1200Å、例えば1000Åの酸化珪素膜を形成した。従来、このようにゲート絶縁膜503を薄くするとリッジの影響を受けて、膜厚の薄いところや凹凸の部分が生じて、電界が集中し、トンネル電流や絶縁破壊の原因となっていたが、本発明を用いることでリッジが低減されたためそのような不良はほとんど生じなかった。また、活性層とゲート絶縁膜の界面状態はTFTの特性に影響するが、リッジがほとんど存在していないため、優れたTFT特性が得られた。

【0040】その後、厚さ3000Å~3μm、例えば、6000Åのアルミニウム(1wt%のSi、もしくは0.1~0.3wt%のScを含む)膜をスパッタリング法によって形成した。その後、このアルミニウム膜をエッチングして、ゲート電極504を形成した。

(図5(B))
そして、イオンドーピング法によって、島状珪素膜にゲート電極をマスクとして自己整合的に不純物として磷を注入して、N型不純物領域504を形成した。ここで、ドーズ量は $1 \times 10^{14} \sim 8 \times 10^{14}$ 原子/cm²、加速電圧は60~90kV、例えば、ドーズ量を 1×10^{14} 原子/cm²、加速電圧を80kVとした。(図5(C))

【0041】その後、KrFエキシマレーザー(波長248nm、パルス幅20ns)を照射して、ドーピングされた不純物領域の活性化をおこなった。このときのエネルギー密度は、250~300mJ/cm²が適当であった。そして、全面に層間絶縁膜506として、プラズマCVD法によって酸化珪素膜を厚さ5000Å形成した。そして、層間絶縁膜506とゲート絶縁膜503をエッチングして、ソース/ドレイン領域にコンタクトホールを形成した。その後、3000Å~2μm、例えば、5000Åのアルミニウム膜をスパッタリング法によって形成した。そして、このアルミニウム膜をエッチングしてソース/ドレイン電極507を形成して、Nチャネル型TFTを作製した。(図5(D))

【0042】〔実施例4〕図2には本実施例のレーザー処理工程を示す。本実施例は、実施例3と同様にニッケル添加固相成長のレーザー結晶化において、膜質のより一層の均一化を図るために、1回目と2回目のレーザー照射に際して、基板を1/4回転させておこなったものである。また、本実施例においては、1回目と2回目のレーザー照射を共に真空中においておこなった。本実施例でも、レーザービーム21は、基板22(100mm×200mm)の一边を照射するに足る大きさで、例えば、幅1mm、長さ250mmの線状である。レーザーとしてはKrFエキシマレーザー(波長248nm)を用いた。レーザーの発振周波数は10Hz、レーザー光のエネルギー密度は150mJ/cm²とした。(図2(A))

【0043】まず、基板を真空チャンバー内に設置し、基板温度を550℃まで上昇させた。そして、図2

(B)に示すように、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。(図2(B))

そして、レーザー光を照射しつつ、基板を移動した。この際、レーザー光の走査速度を10mm/sとした。このようにして、基板の下端までレーザーを走査し、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。(図2(C))

その後、基板を1/4回転させた。そして、レーザー光が基板を照射するように、基板を移動した。このとき、基板温度は550℃であった。(図2(D))

【0044】そして、1回目と同様に、レーザーとしてはKrFエキシマレーザーを用い、レーザー光照射をおこなった。レーザー光のエネルギー密度を280mJ/cm²とした以外は1回目と同じ条件とし、基板全体に対してレーザー光照射をおこなった。(図2(E))

【0045】以上のような2工程によって結晶性珪素膜が得られたが、1回目、2回目とも550℃という比較的高い温度でレーザー光照射がおこなわれたため、結晶粒界の緩和が促進され、リッジは極めて少なくなった。また、粒界における結晶欠陥等も、上記の温度でレーザー光照射によって格段に減少せしめることができた。この効果は、実施例3における酸素雰囲気中のレーザー光照射に匹敵するものであった。実施例3においては、チャンバー内を酸素雰囲気中に保持するため、基板温度は350℃が限界であったが、本実施例では、真空中であるため基板温度を550℃まで高めることが可能であった。

【0046】

【発明の効果】本発明のレーザー光照射技術によって、レーザー結晶化工程において発生する半導体膜表面のリッジを抑えることができ、さらにはその半導体材料を用いて作製した半導体素子の特性の向上および劣化を防止することができた。また、同相成長法によって非晶質材

料を結晶化させた膜においても、本発明によるレーザー結晶化をおこなった場合リッジの低減に格段の効果がみられた。このように本発明は工業上、有益なものと考えられる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例のレーザー処理方法を示す図。(実施例1および実施例2)

【図2】 実施例のレーザー処理方法を示す図。(実施例3および実施例4)

【図3】 実施例で使用したレーザーアニール装置の概念図を示す。

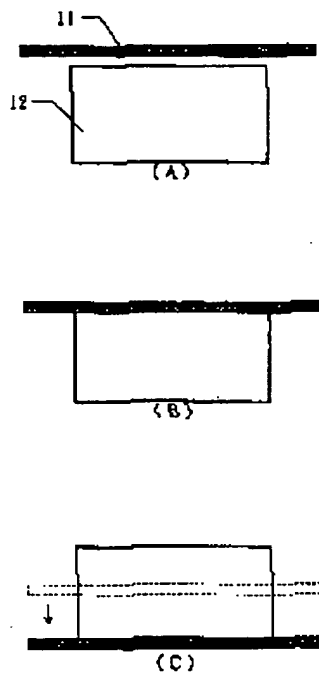
【図4】 マルチチャンバーを有するレーザーアニール装置の概念図を示す。

【図5】 実施例3におけるTFETの作製工程を示す図。

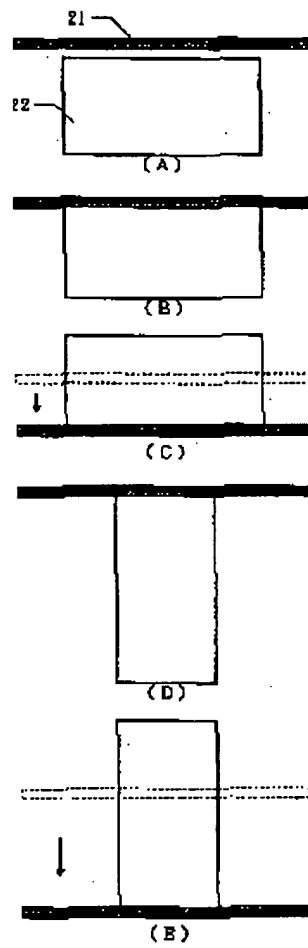
【符号の説明】

- 11・・・レーザースポット
- 12・・・基板
- 31・・・防振台
- 32・・・レーザー発振器
- 33・・・増幅器
- 34・・・光学系
- 35、36、37、38・・・全反射ミラー
- 39・・・ミラー
- 40・・・試料のステージおよび駆動装置
- 41・・・基板
- 42・・・真空槽
- 501・・・結晶性珪素膜
- 502・・・島状珪素膜
- 503・・・ゲイト絶縁膜
- 504・・・ゲイト電極
- 505・・・N不純物領域(ソース/ドレイン領域)
- 506・・・層間絶縁膜
- 507・・・ソース/ドレイン電極

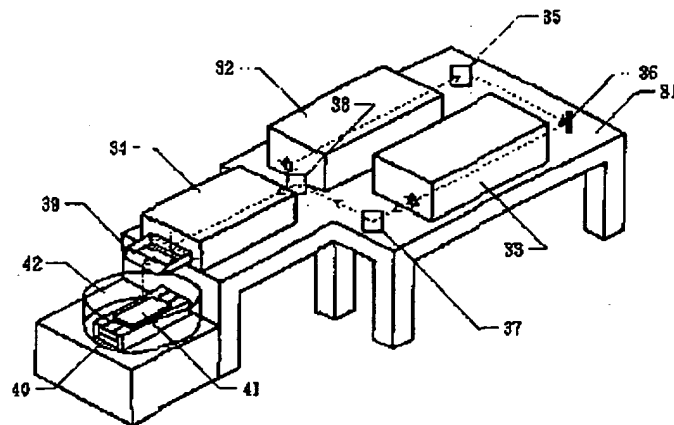
【図1】



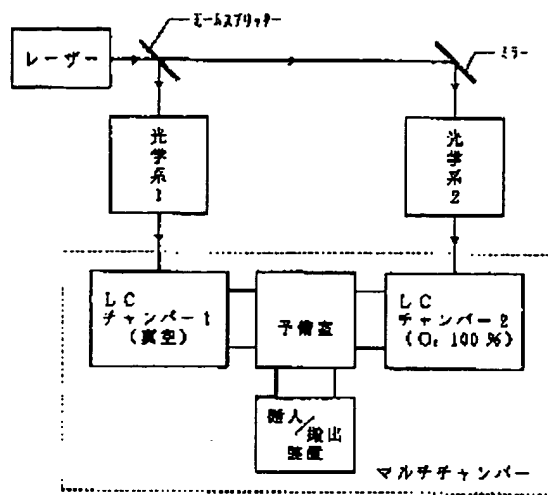
【図2】



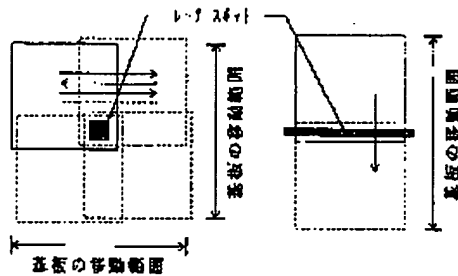
【図3】



【図 4】



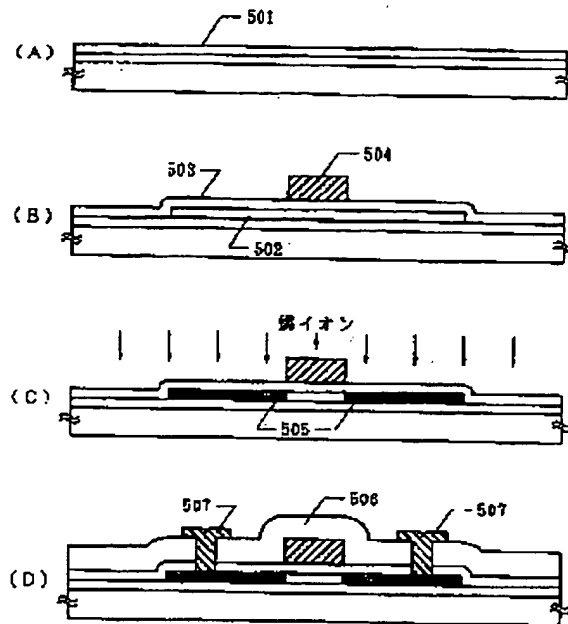
(A)



(B)

(C)

【図 5】



フロントページの続き

(72)発明者 宮永 昭治

神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社半

導体エネルギー研究所内